

Auch das blendende Licht der unmittelbaren Sonnenstrahlen muß abgehalten oder genügend gemildert werden.

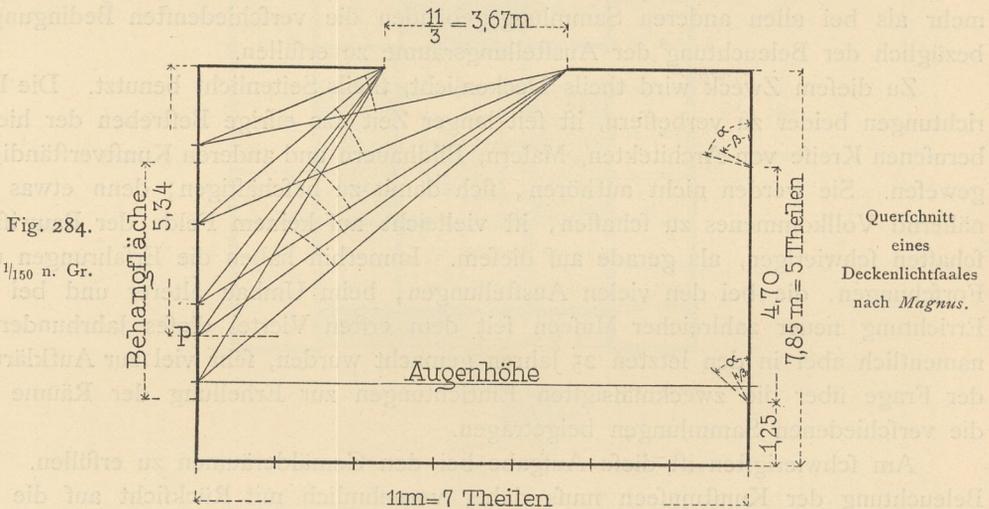
Es ist sehr schwierig, allen diesen Forderungen gleichzeitig Rechnung zu tragen; und doch ist in ihrer Erfüllung die Lösung der Aufgabe zu suchen. Diese Bedingungen bilden daher den Gegenstand der nächstfolgenden Darlegungen.

Denelben liegt die Annahme von diffusem Tageslicht, also eines nach allen Strahlenrichtungen gleichmäÙig starken, ruhigen Aetherlichtes überall da zu Grunde, wo nicht auf die Lichterscheinungen der unmittelbaren Sonnenstrahlen eingegangen werden muß.

### 1) Deckenlicht und Deckenlichtfäle.

*Magnus* war der erste, der ein auf wissenschaftlicher Grundlage beruhendes Verfahren für die Ermittlung passender Verhältnisse zwischen den GröÙenabmessungen des Gemälderaumes und seiner Deckenlichtöffnung erfunden hat <sup>246)</sup>. Er giebt hierfür die folgenden Regeln an (Fig. 284).

201.  
GröÙen-  
verhältnisse.



Die Deckenlichtöffnung erhält  $\frac{1}{3}$  der Breite des zu erhellenden Raumes und wird in der Höhe von  $\frac{5}{7}$  dieser Breite angebracht. Die Länge der Oeffnung ergibt sich, wenn man von der Länge des Raumes an beiden Enden auch je  $\frac{1}{3}$  der Raumbreite abträgt, also einen unverglasten Deckenfretzen von gleicher Breite an den vier Seiten des Raumes beläßt.

Die Behangfläche beginnt 1,25 m (4 Fufs preufs.) über dem Fußboden und erstreckt sich von da ab um höchstens 4,70 m (15 Fufs) aufwärts, so daß der Beschauer, dessen Auge in der Höhe von 1,57 m (5 Fufs) über dem Fußboden angenommen wird, in geeigneter Entfernung von der Bilderwand, den Blick ohne große Anstrengung bis zur oberen Grenze der Behangfläche, also bis zur Höhe von 5,95 m vom Boden erheben kann.

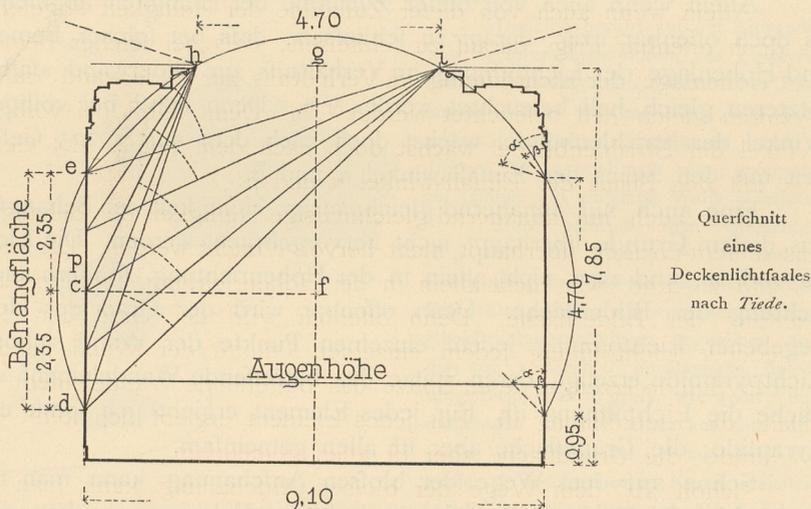
Da diese Höhen durch die mittlere KörpergröÙe und Sehkraft des Menschen bedingt sind, so konnten sie nur in absoluten Zahlen ausgedrückt werden. Deshalb hat *Magnus* die von ihm ermittelten GröÙenverhältnisse des Saales und seiner Licht-

<sup>246)</sup> Siehe: Zeitfchr. f. Bauw. 1864, S. 202.

öffnung auch in absolute Mafse überfetzt, indem er die Saalbreite zu 11 m (35 Fufs) annahm, hiernach das Deckenlicht 3,67 m weit machte und es in der Höhe von 7,85 m ( $= \frac{5}{7} 11 \text{ m}$ ) über dem Fußboden anordnete. Er hat fodann aus der in Fig. 284 verdeutlichten Construction geschlossen, dafs die gröfste Helligkeit in der Entfernung von ungefähr 5,34 m (17 Fufs) von der Decke vorhanden sei, weil in diesem Punkte  $p$  die Lichtstrahlenbündel den gröfsten Winkel  $\alpha-\beta$  bilden. Letzterer nimmt allerdings nach oben und unten mehr und mehr ab; dagegen nimmt der Einfallswinkel  $\alpha$ , bezw.  $\beta$  der Lichtstrahlen mit der Bilderfläche nach oben zu, und mit dem Sinus desselben wächst bekanntlich, unter sonst gleichen Umständen, auch die Helligkeit.

Dafs von diesem letzteren Factor, aufser anderen Einflüssen, die Helligkeit irgend eines Punktes der Bilderfläche wesentlich mit abhängt, ist *Magnus* nicht entgangen; denn er gründet hierauf einen Theil seiner Betrachtungen<sup>247)</sup> und bemerkt fodann ausdrücklich, dafs in Folge der unter gröfserem Winkel einfallenden oberen Lichtstrahlen der Gröfswerth der Helligkeit in Wirklichkeit eigentlich höher liege,

Fig. 285.

 $\frac{1}{150}$  n. Gr.

als in dem angegebenen Punkte  $p$  in 5,34 m Abstand von der Decke. Dennoch hat er diesen Factor bei der mitgetheilten Anleitung nicht weiter berücksichtigt.

Ein anderes Verfahren wendete *Tiede*<sup>248)</sup> bei Herstellung des ersten, im Alten Museum zu Berlin 1869—71 eingerichteten Deckenlichtfaales an, und auf Grund der hieraus gewonnenen günstigen Ergebnisse wurde in der Folge für die meisten übrigen Säle dieser Gemälde-Sammlung Deckenlicht angeordnet und 1876—84 von *Merzenich* durchgeführt. Wäre hierbei die *Magnus*'sche Regel benutzt worden, so würden Gröfse und Höhenlage der Lichtöffnungen dieser Säle, bei den gegebenen Abmessungen und der Bauart derselben, zu gering ausgefallen sein; die Erhellung wäre ungenügend geworden.

Die Breite des *Tiede*'schen Saales in Fig. 285 beträgt 9,1 m (29 Fufs preufs.), die Länge 16,6 m (53 Fufs). Die Behangfläche beginnt 0,95 m (3 Fufs) über dem Fußboden und endigt 4,7 m (15 Fufs) höher<sup>249)</sup>. Auf ihrer Mitte  $c$  ist eine Senk-

<sup>247)</sup> Siehe ebendaf., S. 205 (unter 1), ferner S. 203.

<sup>248)</sup> Siehe: Zeitschr. f. Bauw. 1871, S. 185; 1886, S. 165.

<sup>249)</sup> Bei den in demselben Gebäude später eingerichteten Deckenlichtfälen liegt die untere Grenze der Behangfläche 1,02 m über dem Fußboden, die obere Grenze 5,14 bis 5,40 m höher, also 6,16 bis 6,42 m über demselben.

rechte zur Wand errichtet und aus dem Schnittpunkt  $f$  dieser Senkrechten mit der Mittellinie des Saalquerschnittes ein Kreis geschlagen mit dem Halbmesser  $fd$ , bzw.  $fe$ , gleich der Entfernung dieses Mittelpunktes von den Grenzen der Behangflächen. Falls die Höhenlage der Decke fest steht, so giebt die Sehne  $hi$ , nach welcher die wagrechte Deckenlinie den Kreis durchschneidet, das Maß der Deckenlichtweite. Oder wenn letztere bestimmt ist, so ergibt sich daraus die Höhe des Gemälderaumes. Bei dem in Rede stehenden Saale des Alten Museums zu Berlin wurde  $fg = fc$  gemacht, und in Folge dessen ist die Deckenlichtweite gleich der Höhe der Behangfläche; also gleich 4,7 m; die Höhe der Lichtöffnung berechnet sich (wie in Fig. 284) zu 7,85 m.

Die auf dieser Sehne  $hi$  stehenden Peripheriewinkel  $he i$  und  $hd i$ , welche die Strahlenbündel am oberen und unteren Ende der Behangfläche einschließen, sind einander gleich, während die Winkel der Strahlenbündel, deren Spitzen zwischen  $e$  und  $d$  liegen, von diesen Punkten aus nach einem etwas über der Mitte  $c$  liegenden Punkte  $p$  zunehmen.

Allein wenn auch von dieser Zunahme der Helligkeit abgesehen wird, so wäre es doch offenbar irrig, darauf zu schließen, daß bei solcher Bemessung der Größe und Höhenlage der Lichtöffnung im Verhältniß zur Bilderwand »fast jeder Punkt der letzteren gleich hell beleuchtet werde«<sup>250</sup>). Denn selbst bei völliger Gleichheit der Winkel der Strahlenbündel wächst doch nach dem auf S. 225 Gefagten die Helligkeit mit den Sinus der Einfallswinkel  $\alpha$  und  $\beta$ .

202.  
Helligkeits-  
Abtufung.

Eine auch nur annähernd gleichmäßige Helligkeit der Behangfläche kann schon aus diesem Grunde überhaupt nicht hervorgebracht werden. Die Lichtwirkung nimmt ab und zu, und zwar nicht allein in der Höhenrichtung, sondern auch in der Längsrichtung der Bilderfläche. Denn offenbar wird der Grad der Helligkeit, der bei gegebener Lichtöffnung jedem einzelnen Punkte der Wand zukommt, durch eine Lichtpyramide erzeugt, deren Spitze das betreffende Wandelement und deren Grundfläche die Lichtöffnung ist. Für jedes Element ergibt sich somit eine andere Lichtpyramide; die Grundfläche aber ist allen gemeinsam.

Schon auf dem Wege der bloßen Anschauung kann man nun die Wirkung dieser Lichtstrahlenbündel prüfen und daraus Folgerungen über die Abtufung der Helligkeit auf der Wandfläche ziehen.

Betrachtet man zunächst diejenigen Strahlenbündel, deren Spitzen alle auf der lothrechten Mittellinie der Wandfläche (durch die Mitte des Deckenfensters gezogen) liegen, so ergibt sich ohne Weiteres, daß von einem zu bestimmenden Punkte  $p^m$  dieser Geraden aus die Helligkeit der Wand nach oben und unten abnimmt. Eben so verhält es sich auf jeder anderen Lothrechten derselben Wand, auf der indess der hellste Punkt nie die Lichtstärke von  $p^m$  erreicht. Zieht man sodann diejenigen Lichtpyramiden in Vergleich, deren Spitzen auf irgend einer Wagrechten der Wand mehr oder weniger von der Mitte entfernt liegen, so findet man, daß auch die Helligkeit nach beiden Seiten zu gleichmäßig abnimmt. Somit kommt dem Punkte  $p^m$  der Größtwerth der Helligkeit zu, der für die Wandfläche unter gegebenen Umständen überhaupt entsteht, und die lothrechte Mittellinie der Wand ist Axe der Symmetrie für die Curven gleicher Helle, die um den Punkt  $p^m$  gezogen werden können.

<sup>250</sup>) Siehe: TIEDE, A. Ueber die Einrichtung eines Oberlichtsaales in der Bilder-Galerie des alten Museums zu Berlin. Zeitschr. f. Bauw. 1871, S. 190.

Behufs Darstellung derselben muß der Grad der Erhellung, der auf jedem Punkt der Wandfläche durch die zugehörige Lichtpyramide hervorgebracht wird, ermittelt werden. Dies kann in verschiedener Weise geschehen.

*Mentz* beschäftigte sich mit Lösung dieser Aufgabe<sup>251)</sup>, gelangte aber im Verlauf der Arbeit zu Folgerungen, die nicht durchweg richtig sind. Seine Ausführungen beruhen auf der auch hier (siehe Art. 201, S. 224) gemachten Annahme einer solchen Lichtbeschaffenheit, daß keine bestimmte Strahlenrichtung überwiege, vielmehr die absolute Lichtstärke in allen Strahlenrichtungen gleich groß sei. Ferner ist hierbei der Zutritt des unmittelbaren Wolkenlichtes durch keinerlei Hindernisse im Dachwerk beschränkt, auch Verglafung und Sprossenwerk desselben fortgenommen gedacht.

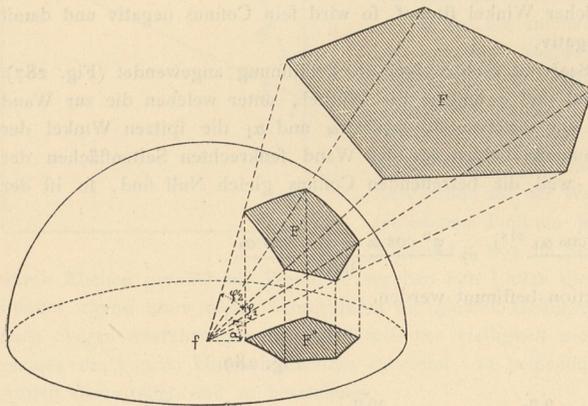
Unter den gleichen Voraussetzungen hat derselbe Verfasser eine »Berechnung der Tagesbeleuchtung innerer Räume und Maßstäbe dazu«<sup>252)</sup> aufgestellt.

*Mohrmann*<sup>253)</sup> hat bei feinen Untersuchungen über denselben Gegenstand den Einfluss der Verglafung auf die Tagesbeleuchtung innerer Räume in Ansatz gebracht.

Auch mit Hilfe des in diesem »Handbuch« (Theil III, Band 4, 2. Aufl., S. 14) beschriebenen *Weber'schen* Raumwinkelmeßers<sup>254)</sup> wird man in den Stand gesetzt, in bereits ausgeführten oder im Entwurf vorliegenden Gebäuden den Erhellungsgrad jedes Flächenelementes annähernd zu bestimmen.

Zur genauen graphischen Ermittlung der Linien gleicher Helle auf Wand- und Bodenflächen innerer Räume dient das folgende Verfahren<sup>255)</sup>.

Fig. 286.



Dasselbe beruht auf der Anwendung von Rechnungsergebnissen, die *Lambert* in seinem grundlegenden Werke über Photometrie schon vor mehr als 130 Jahren mittels Integration bestimmte und die *Wiener*<sup>256)</sup> neuerdings rein geometrisch auf schöne und einfache Weise ableitete.

Steht nämlich dem Element  $f$  (Fig. 286) eine Fläche  $F$  von endlicher Ausdehnung und sowohl von gleichmäßiger Beleuchtungsstärke, als von gleichmäßigem Rückstrahlungsvermögen gegenüber, so ist die von  $f$  durch  $F$  empfangene Beleuchtungsstärke eben so groß, wie wenn  $f$  durch denjenigen Theil  $F'$  einer aus dem Mittelpunkt des Elementes  $f$  mit dem Halbmesser 1 beschriebenen Kugel beleuchtet

würde, welcher die Projection von  $F$  auf die Kugeloberfläche aus dem Projectionscentrum von  $f$  ist; oder auch eben so groß, wie von der senkrechten Projection  $F''$  der  $F'$  auf die Ebene von  $f$ , wenn  $F''$  senkrecht auf der Normalen von  $f$  und mit jedem seiner Punkte im Abstände 1 von  $f$  aufgestellt wäre, so wie wenn diese Elemente und  $f$  senkrecht auf der Abstandslinie der Mittelpunkte von  $F$  und  $f$  ständen — vorausgesetzt, daß  $F'$  und  $F''$  dieselbe Beleuchtungsstärke und dasselbe Rückstrahlungsvermögen, wie  $F$  besäßen.

Wird nun der Quotient  $\frac{F''}{\pi}$  (also das Verhältniß von  $F''$  zu einem Kreise mit dem Halbmesser 1) mit  $R$  bezeichnet und nach *Wiener* der Beleuchtungsraum, welcher der Fläche  $F$  dem Element  $f$  gegenüber zukommt, genannt, so kann  $R = \frac{F''}{\pi}$  als Maß der Erhellung von  $f$  durch  $F$  gelten, wenn es sich nicht um die absolute Helligkeit des Flächenelementes  $f$ , sondern um die Vergleichung seiner Helligkeit

251) In: Beitrag zur Frage der Beleuchtung durch Oberlicht und Seitenlicht, mit spezieller Rücksichtnahme auf Oberlichtfälle und Seitenlichtcabinette in Gemäldegalerien. Deutsche Bauz. 1834, S. 488 u. 499.

252) Siehe: Deutsche Bauz. 1887, S. 257.

253) In: Ueber die Tagesbeleuchtung innerer Räume. Berlin 1885.

254) Siehe auch: Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Jahrg. 4 (1884), S. 343.

255) Von Herrn Professor Dr. *Melnke* in Darmstadt erfunden und dem Verfasser für die Zwecke des »Handbuches der Architektur« freundlichst zur Verfügung gestellt. Die Veröffentlichung ausführlicherer Darlegungen des genannten Herrn über diesen Gegenstand steht bevor.

256) In: Lehrbuch der darstellenden Geometrie. Band 1. Leipzig 1884. S. 401.

mit derjenigen anderer Elemente unter sonst gleich bleibenden Umständen handelt. Der Beleuchtungsraum des ganzen Himmelsgewölbes hat den Werth 1.

Denkt man sich sodann die Öffnung eines Deckenlichtfaales durch eine leuchtende Fläche von gleicher Beleuchtungsstärke und gleichem Rückstrahlungsvermögen wie das Himmelsgewölbe ersetzt, dann wird die leuchtende Fläche das Element  $f$  in demselben Mafse erhellen, wie der zugehörige Ausschnitt des Himmelsgewölbes. Ist diese leuchtende Fläche ein geradliniges Vieleck und

heifsen die Winkel, unter welchen die Seiten der Figur von  $f$  aus erscheinen,  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3 \dots$ , ferner die Neigungswinkel der Ebenen dieser Winkel gegen die  $f$ -Ebene  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots$ , so ist der Beleuchtungsraum <sup>257)</sup>

$$R = \frac{1}{2\pi} (\varphi_1 \cos \alpha_1 + \varphi_2 \cos \alpha_2 + \dots + \varphi_n \cos \alpha_n),$$

$$= \frac{1}{360^\circ} (\varphi_1^0 \cos \alpha_1 + \varphi_2^0 \cos \alpha_2 + \dots + \varphi_n^0 \cos \alpha_n).$$

Die Winkel  $\alpha$  sind so zu nehmen, dafs jeder mit der leuchtenden Fläche auf verschiedenen Seiten des zugehörigen Winkels  $\varphi$  liegt. Ist also ein solcher Winkel stumpf, so wird sein Cosinus negativ und damit auch das betreffende Glied in der Summe negativ.

Diese Formel sei nunmehr auf einen Saal mit rechteckiger Deckenöffnung angewendet (Fig. 287).

Für einen beliebigen Punkt  $p$  der Wand sind  $\varphi$  und  $\varphi_1$  die Winkel, unter welchen die zur Wand parallelen Seiten der Deckenöffnung von  $p$  aus erscheinen, ferner  $\alpha$  und  $\alpha_1$  die spitzen Winkel der Ebenen von  $\varphi$  und  $\varphi_1$  mit der Wand. Da nun die beiden auf der Wand senkrechten Seitenflächen der Lichtstrahlen-Pyramide keinen Beitrag geben, weil die betreffenden Cosinus gleich Null sind, so ist der Beleuchtungsraum

$$R = \frac{\varphi \cos \alpha - \varphi_1 \cos \alpha_1}{2\pi} \stackrel{258)}{=} \frac{\varphi^0 \cos \alpha - \varphi_1^0 \cos \alpha_1}{360^\circ}.$$

Hiernach kann  $R$  auch durch Construction bestimmt werden.

Fig. 288.

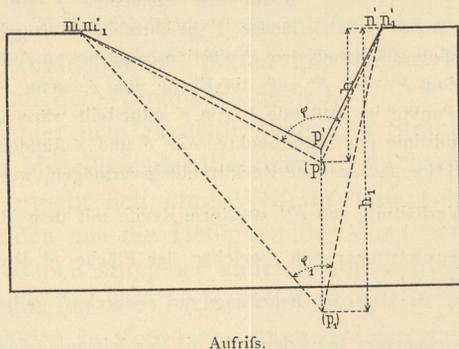
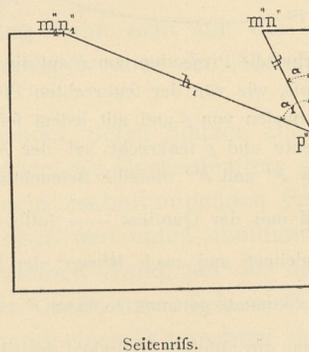


Fig. 289.

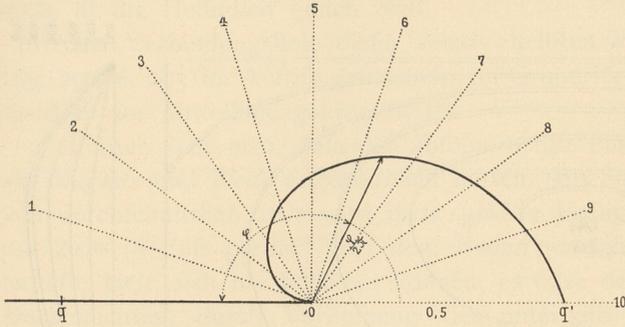


In Fig. 288 u. 289 sind die Winkel  $\alpha$  und  $\alpha_1$  ohne Weiteres im Seitenriß zu messen,  $\varphi$  und  $\varphi_1$  durch Herunterchlagen der Dreiecke  $mnP$  und  $m_1n_1P$  im Aufriß zu bestimmen, zu welchem Zweck die Höhen  $h$  und  $h_1$  genannter Dreiecke aus dem Seitenriß entnommen werden. Das Messen der Winkel  $\varphi$  und  $\varphi_1$ , d. h. ihre Umwandlung in Strecken, kann mit Hilfe einer auf Pauspapier gezeichneten Archimedischen

<sup>257)</sup> Siehe: WIENER, a. a. O., S. 402.

<sup>258)</sup> Nach obiger Formel sollte im zweiten Gliede des Zählers eigentlich der Nebenwinkel zu  $\alpha_1$  eingeführt werden; der Cosinus desselben ist aber gleich  $-\cos \alpha_1$ . — Irrthümlicher Weise hatte Magnus die Gröfse  $\alpha_1 - \alpha$  als Mafs der Helligkeit in  $p$  genommen und Metz die Gröfse  $\cos \alpha - \cos \alpha_1$  für die Beleuchtung durch eine Lamelle angesetzt.

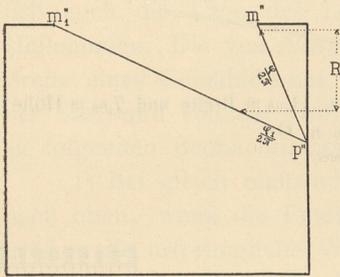
Fig. 290.



Spirale gefeehen (Fig. 290). Man theilt den flachen Winkel  $qoq'$  etwa in 10 Theile, trägt auf dem ersten Strahl  $\frac{1}{10}$  der halben Längeneinheit, auf dem zweiten  $\frac{2}{10}$  u. f. w. ab, schließlich auf  $oq'$  die halbe Längeneinheit<sup>259)</sup> und verbindet die Endpunkte durch eine Curve. Legt man jetzt die ganze Pauspapier-Zeichnung auf den Winkel  $\varphi$ , so dafs  $oq$  mit dem einen Schenkel von  $\varphi$  zusammenfällt, fo wird durch die Curve auf dem anderen Schenkel fofort das Stück  $\frac{\varphi}{2\pi}$  abge-

fchnitten. Hat man in folcher Weise die Strecken  $\frac{\varphi}{2\pi}$  und  $\frac{\varphi_1}{2\pi}$  ermittelt, fo müffen fie noch mit  $\cos \alpha$ , bezw.  $\cos \alpha_1$  multiplicirt werden. Dies geschieht, indem man die fraglichen Strecken im Seitenriß von  $p''$  aus auf den Linien  $p''m''$ , bezw.  $p''m_1''$  abträgt (Fig. 291) und dann auf die Senkrechte projectirt. Der Unterschied  $R$  ist alsdann der gefuchte, als Strecke dargestellte Beleuchtungsraum  $R$ , giebt also das Mafs der Erhellung des Punktes  $p$  an.

Fig. 291.



Um ein anschauliches Bild von den Abstufungen der Helligkeit auf einer Saalwand zu bekommen, denke man sich in jedem Punkte der Wand auf derselben das Loth errichtet und auf demselben eine Strecke proportional der in diesem Punkte vorhandenen Helligkeit abgetragen; alsdann bekommt man eine Fläche. Einen Begriff von dieser Fläche erhält man, wenn man für eine Anzahl lothrechter auf der Wand gezogener Linien die Helligkeiten in verschiedenen Punkten jeder dieser Lothrechten ermittelt und wie in Fig. 292 u. 293 im Seitenriß aufträgt. Schneidet man diese Fläche

durch Ebenen parallel zur Wand, fo ergeben sich Linien gleicher Helle; denn offenbar herrscht in jedem Punkte irgend einer dieser Schnittlinien die gleiche Helligkeit. Und zwar ist der Grad dieser Helligkeit nach obigen Ausführungen im Verhältniß zur Helligkeit gleich 1, welche dem Werth des Beleuchtungsraumes des ganzen Himmelsgewölbes zukommt, zu bemessen<sup>260)</sup> und dem entsprechend im Seitenriß und Aufriß darzustellen und zu bezeichnen.

In folcher Weise sind die Linien gleicher Helle in Fig. 292 u. 293 ermittelt und hierdurch die Abstufungen der Helligkeit auf den Langwänden zweier Gemäldefäle, deren Länge und Höhe gleich und deren Weite und Deckenfenster nach der *Magnus'*schen, bezw. nach der *Tiede'*schen Regel bemessen wurden, veranschaulicht. Der Vergleich beider ergibt, dafs bei Anwendung des letzteren Verfahrens eine viel gröfsere Helligkeit, als bei der des ersteren erzielt wird, fomit die *Tiede'*sche Regel den Vorzug vor der *Magnus'*schen verdient.

Doch soll nach den seit 1871 mit dem *Tiede'*schen Saale gemachten Erfahrungen die Lichtfülle sich mitunter fast zu grofs erwiesen haben<sup>261)</sup>.

Einige weitere, allgemeinere Folgerungen lassen sich aus den vorhergegangenen Darlegungen ziehen.

Zunächst findet man die gleich von vornherein (in Art. 202, S. 226) angeestellten Vorbetrachtungen bestätigt: Aufser dem auf der Wand-Mittellinie befindlichen Punkt,

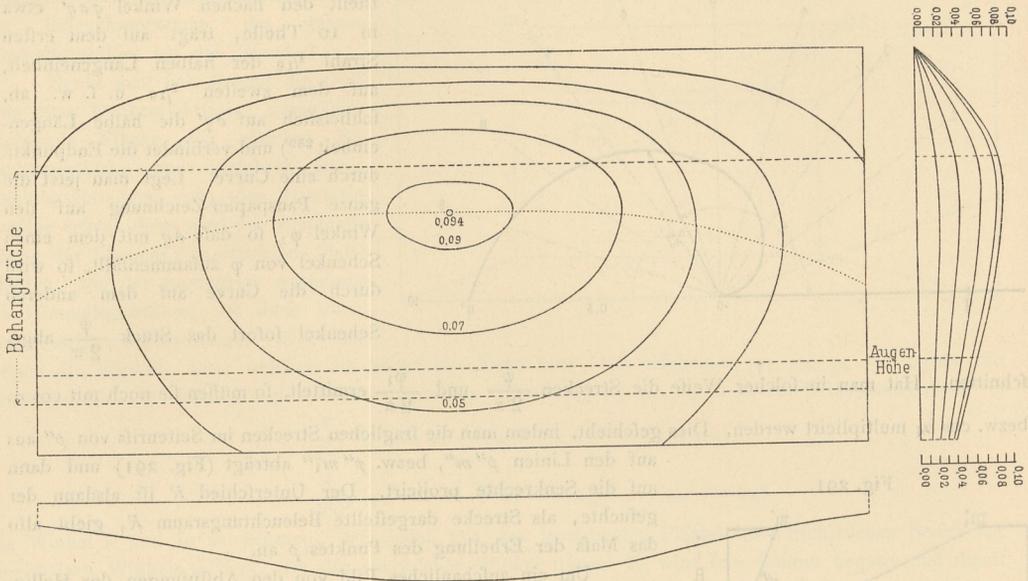
204.  
Helle  
Punkte  
der  
Saalwände.

<sup>259)</sup> Die Längeneinheit ist beliebig, wird aber am besten so grofs angenommen, dafs die behufs Construction der Hellenlinien (in den nächstfolgenden Fig. 292 u. 293) im Seitenriß aufzutragenden Streckenunterschiede  $R$  sehr stark gekrümmte Curven ergeben.

<sup>260)</sup> Bei der hier angewendeten Construction nach Theilen der Längeneinheit der Archimedischen Spirale im Seitenriß.

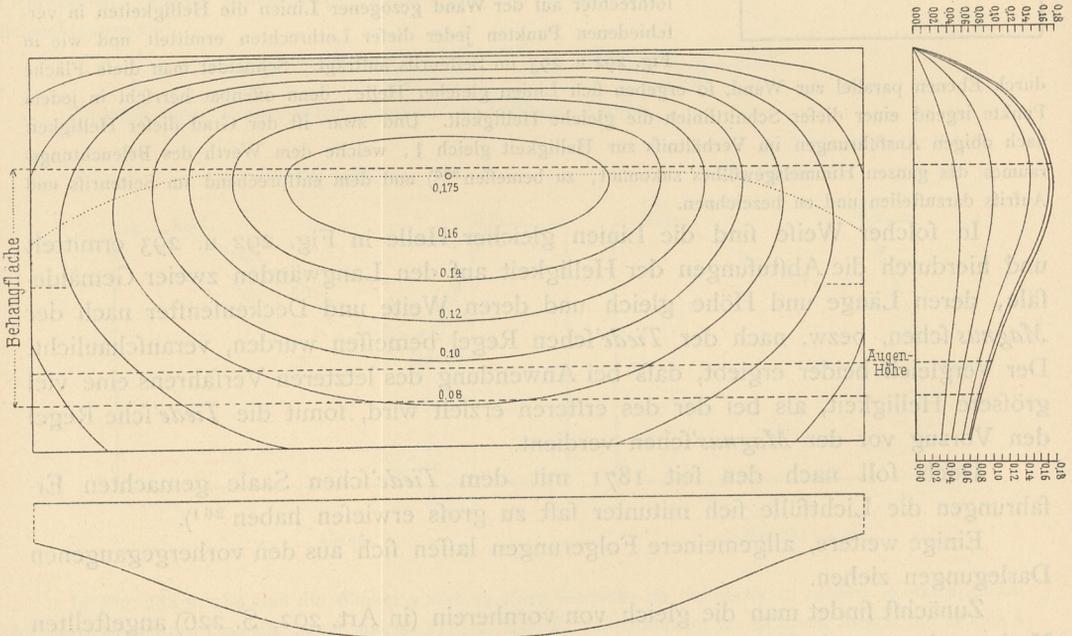
<sup>261)</sup> In diesem Sinne sollen sich *Kaulbach*, *Magnus* u. A. ausgesprochen haben.

Fig. 292.



Linien gleicher Helle für die Langwand eines Saales von 16,60 m Länge, 11,00 m Breite und 7,85 m Höhe;  
 das Deckenlicht mißt  $9,27 \times 3,67$  m. —  $1/150$  n. Gr.  
 Längeneinheit der Archimedischen Spirale 125 mm.

Fig. 293.



Linien gleicher Helle für die Langwand eines Saales von 16,60 m Länge, 9,10 m Breite und 7,85 m Höhe;  
 das Deckenlicht mißt  $12,20 \times 4,70$  m. —  $1/150$  n. Gr.  
 Längeneinheit der Archimedischen Spirale 107 mm.

in welchem der Größtwerth der Helligkeit der ganzen Wandfläche herrscht, giebt es für jede Lothrechte derselben einen relativ hellsten Punkt, von dem aus die Hellig-

keit nach oben zu rascher, als nach unten zu abnimmt. Da, wo die Decke erreicht wird, ist die Helligkeit gleich Null.

Die Verbindungslinie dieser relativ hellsten Punkte ist eine Curve<sup>262)</sup>, die in Fig. 292 u. 293 im Aufriss gefrichelt, im Grundriss ausgezogen angegeben und symmetrisch zur Mittellinie gekrümmt ist.

Ferner sieht man, daß der absolut hellste Punkt der Saalwand viel höher liegt, als *Magnus* und *Tiede* angenommen hatten. Bei Sälen von der jetzt üblichen Breite von durchschnittlich 10 m wird diese größte Helligkeit in der Höhe von ungefähr nur 2,5 m (8 Fufs preufs.) über dem Boden, welche Lage *Magnus* für die vorteilhafteste hielt, sich nie befinden können, es wäre denn, daß man die Höhenlage des Deckenlichtes, durch Verkürzung des unterhalb des hellsten Punktes gelegenen Theiles der Wände, so verminderte, daß die Räume für die Zwecke einer Bilder-Galerie überhaupt zu niedrig würden.

Die Höhenlage des Deckenfensters wird (außer den erst in Art. 206 zu erörternden Bedingungen) vor Allem zu seiner Lichtweite in Beziehung stehen, sodann auch zu seiner Länge, also kurz zu seiner Größe. Wird diese geändert, so ändert sich auch die Lage des hellsten Punktes und damit auch die Lage sämmtlicher Hellenlinien. Die von *Mehmke* angefertigten Tafeln<sup>263)</sup>, durch welche, bei gegebener Breite eines Gemäldefaales, die Abhängigkeit der Lage des absolut hellsten Punktes der Saalwand von der Größe der Deckenöffnung veranschaulicht wird, veranlassen zu folgenden Beobachtungen:

205.  
Höhenlage  
und Größe  
der  
Deckenöffnung.

1) Bei gleich bleibender Länge des Deckenlichtfensters rückt der hellste Punkt nach oben, wenn die Fensterweite vergrößert wird, und zwar um so schneller, je größer die ursprüngliche Weite ist.

2) Bei gleich bleibender Weite des Deckenlichtfensters rückt der hellste Punkt nach unten, wenn die Länge des Fensters vergrößert wird.

3) Die Veränderung der Länge des Deckenlichtfensters ist von geringerem Einfluß auf die Höhenlage des hellsten Punktes der Saalwand, als die Lichtweite.

4) Die größte Helligkeit (d. h. die Helligkeit im hellsten Punkte) nimmt mit jeder Vergrößerung der Öffnung zu.

Dem Satze 3 ist hinzuzufügen, daß lange Deckenlichtfenster immerhin günstiger sind, als kurze, vorausgesetzt, daß die Lichtweite gleich bleibt. Der absolut hellste Punkt der Wand, also auch sämmtliche Hellenlinien derselben rücken nicht allein nach unten, was eine gleichmäßigere Abstufung der Helligkeit nach oben und unten zur Folge hat; sondern die Hellenlinien werden mehr in die Länge gezogen und laufen gegen die Mitte zu nahezu wagrecht.

Wenn man nun, wie gewöhnlich, um die Lichtöffnung an allen Seiten des Gemälde- raumes eine große Hohlkehle oder einen Deckenfretzen mit Gefims, durchweg von gleich bleibender Breite, anordnet, so entspricht einer langen Deckenöffnung auch ein länglicher Saal, einer quadratischen Deckenöffnung ein quadratischer Saal. Letzterer erfordert begreiflicher Weise eine entsprechend größere Lichtweite des Deckenfensters, als ein Saal von rechteckiger Grundform, damit die Lichtfläche der Öffnung eben so ausgiebig ist. Unter derselben Voraussetzung ist die achteckige, überhaupt die vieleckige Grundform für einen Deckenlichtsaal günstiger, als die

<sup>262)</sup> Keineswegs also eine Wagrechte, wie *Mentz* (a. a. O., S. 490) annahm und die er als »Intensitäts-Polare« bezeichnete.

<sup>263)</sup> Mittels dieser Tafeln kann z. B. für jede beliebige Länge und Weite des Deckenfensters eines Saales von gegebener Breite sofort die Lage des hellsten Punktes der Wand abgelesen werden.

quadratische, weil bei Vermehrung der Seitenzahl nur die mittleren, flach gekrümmten Stücke der Hellenlinien in Betracht kommen.

Nach Alledem ist einleuchtend, daß die lichte Weite und Länge des Deckenfensters nicht bloß nach der Breite des Saales bemessen werden dürfen. Damit den Bildwänden die für alle Fälle ausreichende Lichtmenge mittels der Deckenöffnung zugeführt werden könne, muß diese genügend groß sein, und diese Größe pflegt kurzweg mit der Größe der Grundfläche des betreffenden Gemälde- raumes verglichen zu werden.

Beispielsweise würde nach der *Magnus'*schen Regel (siehe Art. 201, S. 224) das Deckenfenster eines Saales von quadratischer Grundform nur  $\frac{1}{9}$  seiner Bodenfläche, dasjenige eines Saales, der doppelt so lang als breit ist, dagegen  $\frac{2}{9}$  seiner Bodenfläche messen. Das Verhältniß beider stellt sich zwischen  $\frac{1}{6}$  und  $\frac{1}{2}$  bei einer Anzahl der bedeutendsten Gemäldefäle der Neuzeit, deren Hauptmaße auf S. 237 zusammengestellt sind.

Nach der in England gültigen Regel<sup>264)</sup>, die seit Errichtung der Galerien des South-Kenington-Museums bei den meisten neueren Gemäldefälen des Landes angewendet wurde, soll das Verhältniß des Deckenlichtes zur Bodenfläche eines Gemälde- saales  $\frac{1}{2}$  betragen. Auch pflegt die Oeffnung bis an die Schmalseiten verlängert zu werden. Letztere Anordnung ermöglicht zwar eine für die beiden Langwände sehr vortheilhafte Beleuchtung, da die gegen die Ecken der Saalwände sich umbiegenden und immer runderlicher werdenden Hellenlinien zum Theile in Wegfall kommen<sup>265)</sup>, hat aber dagegen den Nachtheil, daß die Schmalseiten des Raumes vollkommen lothrecht herabfallendes Streiflicht empfangen und deshalb so beleuchtet erscheinen, wie Wandflächen unter freiem Himmel. Auch sind die Schmalseiten der Spiegelung (siehe Art. 206, S. 233) sehr ausgesetzt. Sie pflegen deshalb in englischen Gemälde- Galerien nicht mit Bildern behängt zu werden.

Eines der wenigen deutschen Beispiele von Gemäldefälen, deren Deckenlicht auf die ganze Saal- länge durchgeführt erscheint, ist der südliche Mittelsaal des Städtischen Museums zu Leipzig (siehe Fig. 277, S. 217).

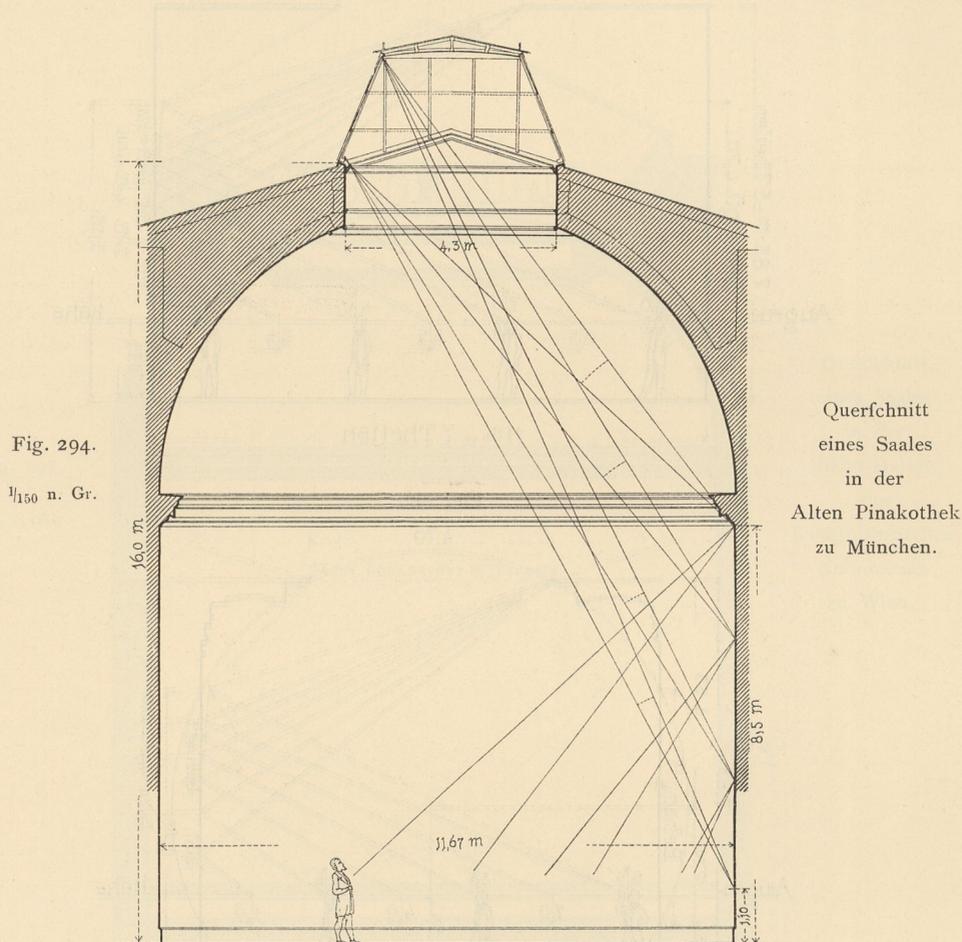
Aus der auf S. 231 gemachten Darlegung über die Höhenlage des absolut hellsten Punktes der Wand und der darum gezogenen Linien gleicher Helle nach Fig. 292 u. 293 geht ohne Weiteres hervor, was es mit der Forderung einer »gleichmäÙigen« Beleuchtung der Saalwände für eine Bewandniß hat. Die Behangfläche, von der *Magnus* glaubte, daß sie unten eben so hell sei wie oben, ist in Wirklichkeit an diesem oberen Ende fast doppelt so hell, als an dem unteren Ende. Und dies ist für die thatfächliche Benutzung eigentlich nicht mißständig. Denn man pflegt naturgemäÙ die obere Wandzone mit gröÙeren, die untere mit kleineren Gemälden zu behängen, und letztere brauchen, weil sie in beliebiger Nähe betrachtet werden können, weniger helles Licht, als die nur von weiterer Entfernung zu überblickenden gröÙeren Bilder.

Die Höhenlage des Deckenfensters eines Gemälde- saales fest stellen, heißt mit anderen Worten, die Höhe des Saales selbst bestimmen. Da nun nach dem unmittelbar Vorhergehenden der untere Theil der Wandfläche viel weniger hell erleuchtet ist, als der obere, so würde man wohl die Gemälde- räume besser niedrig machen, wenn deren Höhe nur mit Rücksicht auf die Helligkeit der Bildwände zu bemessen wäre. Diese Höhe hängt aber noch von verschiedenen anderen Factoren ab. Besonders auch von der Nothwendigkeit, die bei niedrigen Sälen oft vorkommende Spiegelung möglichst zu vermeiden; sodann von dem baukünstlerischen Erforderniß schöner Raum-

<sup>264)</sup> Nach Mittheilungen von † *R. Redgrave*, früher am South-Kenington-Museum zu London.

<sup>265)</sup> Beispielsweise würden in Fig. 292 an beiden Enden der Wand lothrechte Streifen von 3,87 m Breite, in Fig. 293 solche von 2,20 m Breite abgechnitten.

wirkung, die bei grösserer Höhe des Saales erzielt wird. Alle diese Bedingungen müssen bei Feststellung der Höhe des Gemälde- raumes berücksichtigt werden. Sie soll nach Magnus <sup>5</sup>/<sub>7</sub> (siehe Fig. 284, S. 224), nach Tiede <sup>6</sup>/<sub>7</sub> (siehe Fig. 285, S. 225) der Breite betragen, und nach englischer Regel <sup>266</sup>) fogar gleich der Breite gemacht werden. In mehreren der nachfolgenden Beispiele ist die Höhe noch über letzteres Maß hinaus beträchtlich gesteigert, allerdings auf Kosten der Lichtmenge. Schon deshalb muß, gleiche Saalbreite vorausgesetzt, bei grösserer Höhenlage des Deckenfensters die Oeffnung desselben entsprechend grösser gemacht werden.



Die glatte, glänzende Oberfläche der Oelgemälde wirft die Lichtstrahlen bekanntlich unter dem gleichen Winkel zurück, unter dem sie einfallen, und wenn diese reflectirten Lichtstrahlen in das Auge des Beschauers gelangen, so hat er die Empfindung der Spiegelung und wird hierdurch an der Betrachtung des Bildes gehindert. Diese Wirkung ist besonders häufig und störend bei den unter Glas aufbewahrten Gemälden <sup>267</sup>). Die Spiegelung, welche in jedem Normalchnitt zur Wand

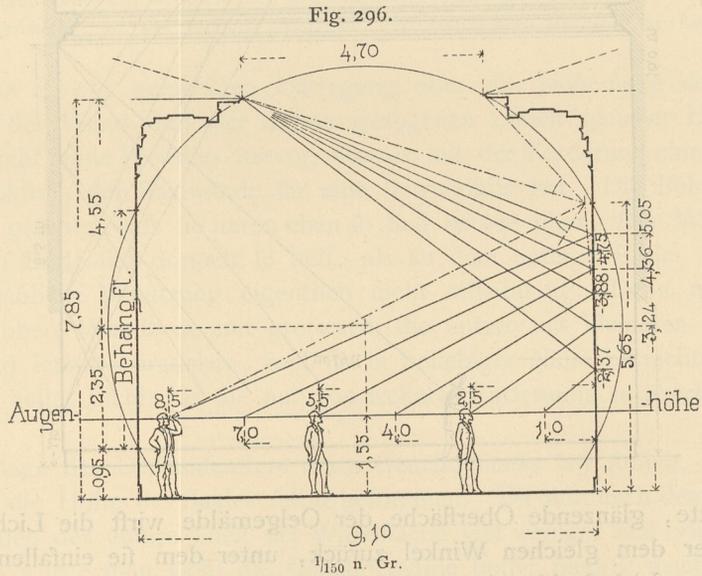
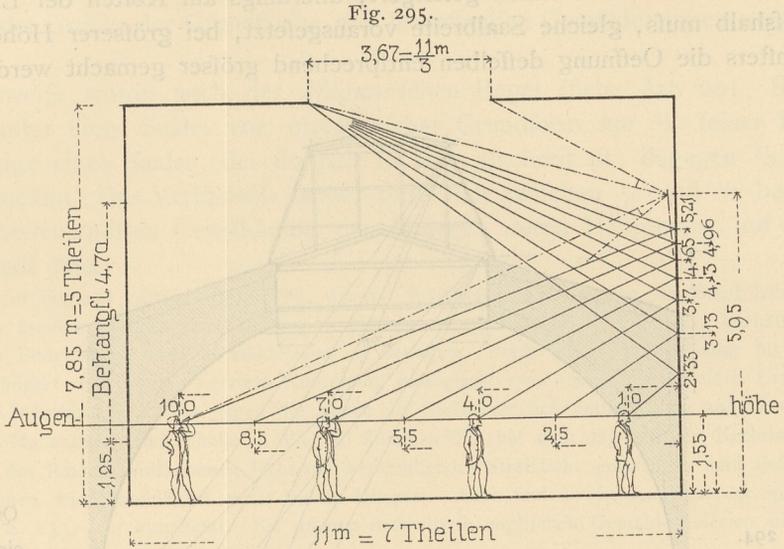
206.  
Spiegelung.

<sup>266</sup>) »The height of the gallery to its skylight should be equal to its width.« Nach Mittheilungen des Herrn + R. Redgrave, früher am South-Kensington Museum zu London, wird bei folchem Verhältniß die Wirkung der Spiegelung vermieden, wenn zugleich (nach S. 232) die Weite des Deckenlichtes gleich der halben Saalbreite ist.

<sup>267</sup>) In den großen englischen Galerien sind die meisten Gemälde, in anderen Museen die werthvollsten Bilder verglast.

entstehen kann, tritt leicht bei verhältnismäßig weitem und niedrig gelegnem Deckenfenster ein; sie ist dagegen bei verhältnismäßig schmaler, hoch gelegener Lichtöffnung nicht wahrnehmbar.

So z. B. bei den Sälen der Alten Pinakothek zu München. Die in Fig. 294 eingezeichneten reflectirten Lichtstrahlen fallen vor dem Beschauer nieder.

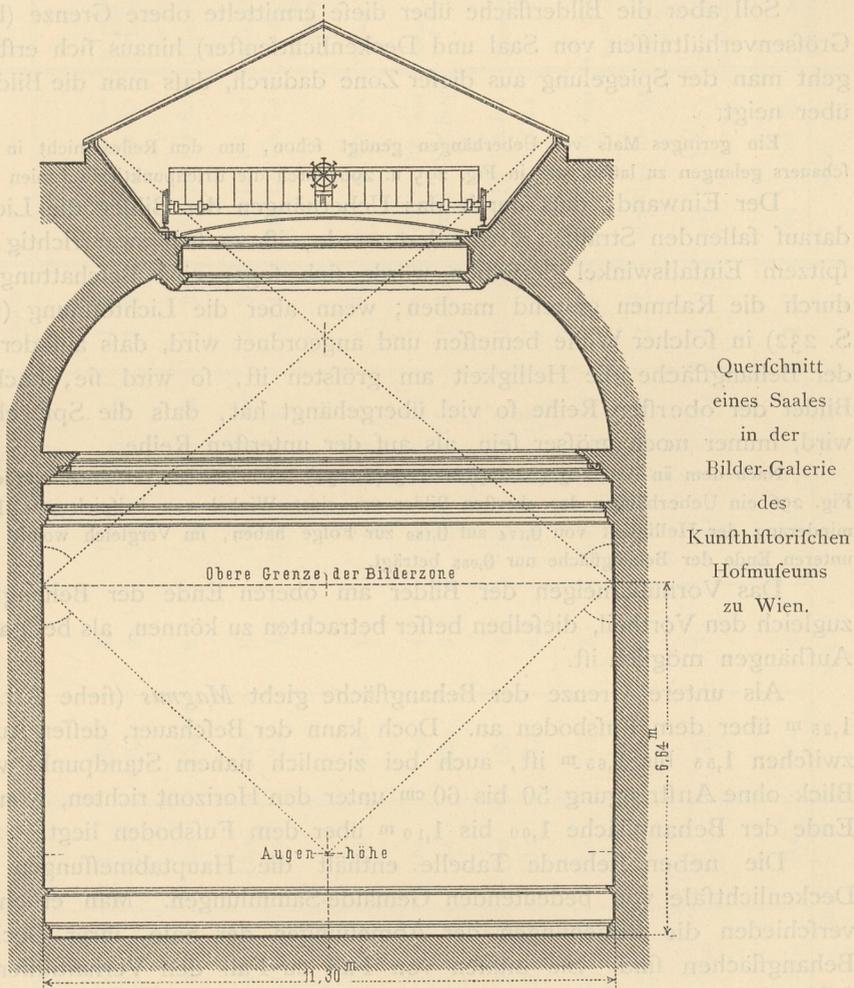


Letztere Anordnung hat aber wieder den großen Mifsstand zur Folge, daß sowohl die Menge, als die Wirkung der Lichtstrahlen stark vermindert wird, und zwar mitunter in folchem Grade, daß der Saal bei trübem Wetter für Zwecke einer Gemälde-Sammlung kaum tauglich erscheint.

Aber auch ohne in diesen Fehler zu verfallen, kann die Spiegelung bei richtiger Bemessung und Anordnung der Lichtöffnung des Saales ganz vermieden oder doch kaum bemerkbar gemacht werden. Fig. 295 u. 296 veranschaulichen dies.

In den Sälen des Alten Museums zu Berlin (Fig. 296), deren Deckenfenster nach *Tiede's* Anleitung angebracht sind, kann der Beschauer, wenn nur 1,00 m entfernt von der Bilderwand, diese bis zur Höhe von 2,37 m ohne störende Rückstrahlung des Lichtes sehen. Er muß aber, um höher hinaufreichende Gemälde überhaupt betrachten zu können, sich ohnehin von der Bilderwand weiter entfernen. Im Abstand von 2,50 m von derselben reicht der Blick des Beschauers schon bis zur Höhe von 3,24 m u. f. w., endlich im Abstand von 8,50 m bis zur Höhe von 5,05 m, ohne daß die von der glänzenden Oberfläche der Bilder wiedergespiegelten Lichtstrahlen sein Auge treffen. Viel näher darf man nicht stehen, um die bis zu dieser Höhe sich erstreckenden Gemälde ohne Anstrengung übersehen zu können. Dagegen giebt es, für weniger hoch hängende einzelne Bilder, immer auch nähere Standpunkte, als die in Fig. 296 angegebenen,

Fig. 297.

 $\frac{1}{150}$  n. Gr.

von denen aus man durch den Reflex gar nicht gestört ist. Es verbleibt somit in diesem Saale nur die oberste, ungefähr 60 cm hohe Zone der Behangfläche, bei welcher der in Rede stehende Mißstand eintritt. Dafs derselbe auch bei dem nach *Magnus's*cher Regel angelegten Saal in ziemlich gleichem Mafse vorkommt, erhellt aus Fig. 295.

Aus beiden neben stehenden Abbildungen geht hervor, dafs man bei ähnlichen Gröfsenverhältnissen von Raum und Deckenlicht, so wie bei angemessener Entfernung von den Gemälden der Spiegelung entgehen kann, wenn man die Wand nicht höher, als etwa 5,0 m in Fig. 296 und 5,2 m in Fig. 295 über dem Fußboden mit Bildern behängt. Bei gröfserer Weite des Saales und entsprechend bemessener Lichtöffnung können die Gemälde höher gehängt werden.

207.  
Grenzen  
der  
Behangfläche.

Im Kunsthistorischen Hofmuseum zu Wien liegt die obere Grenze der Bilderzone der 11,30 m breiten Galerie in der Höhe von 6,64 m über dem Fußboden. Sie ist nach Fig. 297 derart bestimmt worden, daß der Beschauer sich der Bilderwand bis zur Mitte des Saales nähern kann, ehe ein vom oberen Ende zurückgeworfener Lichtstrahl sein Auge trifft.

Die Höhe der Behangfläche ist somit immer von der Breite des Saales, von der Höhenlage des Deckenlichtfensters und der Weite derselben abhängig und in der oben dargestellten Weise fest zu stellen, damit Spiegelung vermieden werde.

Soll aber die Bilderfläche über diese ermittelte obere Grenze (bei schicklichen Größenverhältnissen von Saal und Deckenlichtfenster) hinaus sich erstrecken, so entgeht man der Spiegelung aus dieser Zone dadurch, daß man die Bilder etwas vornüber neigt.

Ein geringes Maß von Ueberhängen genügt schon, um den Reflex nicht in das Auge des Beschauers gelangen zu lassen, was in Fig. 295 u. 296 durch die strichpunktirten Linien verdeutlicht ist.

Der Einwand, daß durch das Ueberhängen der Bilder die Lichtwirkung der darauf fallenden Strahlen vermindert werde, ist an sich zwar richtig, und bei sehr spitzem Einfallswinkel derselben würde sich sogar eine Beschattung der Gemälde durch die Rahmen geltend machen; wenn aber die Lichtöffnung (siehe Art. 205, S. 232) in solcher Weise bemessen und angeordnet wird, daß auf der obersten Zone der Behangfläche die Helligkeit am größten ist, so wird sie, nachdem man die Bilder der obersten Reihe so viel übergehängt hat, daß die Spiegelung vermieden wird, immer noch größer sein, als auf der untersten Reihe.

Nach dem in Art. 203 (S. 229) u. 223 (S. 251) beschriebenen Verfahren würde bei dem Saal in Fig. 296 ein Ueberhängen der obersten Bilder um einen Winkel von beispielsweise 10 Grad eine Verminderung der Helligkeit von 0,174 auf 0,150 zur Folge haben, im Vergleich womit die Helligkeit am unteren Ende der Behangfläche nur 0,085 beträgt.

Das Vornüberneigen der Bilder am oberen Ende der Behangfläche gewährt zugleich den Vortheil, dieselben besser betrachten zu können, als bei ganz lothrechtem Aufhängen möglich ist.

Als untere Grenze der Behangfläche giebt *Magnus* (siehe Art. 201, S. 224) 1,25 m über dem Fußboden an. Doch kann der Beschauer, dessen Augenhöhe meist zwischen 1,55 bis 1,65 m ist, auch bei ziemlich nahem Standpunkt vom Bild, den Blick ohne Anstrengung 50 bis 60 cm unter den Horizont richten, wonach das untere Ende der Behangfläche 1,00 bis 1,10 m über dem Fußboden liegt.

Die neben stehende Tabelle enthält die Hauptabmessungen einer Anzahl Deckenlichtfälle von bedeutenden Gemälde-Sammlungen. Man ersieht daraus, wie verschieden die Beziehungen der Abmessungen der Säle, ihrer Deckenlichter und Behangflächen sind. Sie müssen von Fall zu Fall den Verhältnissen entsprechend fest gestellt werden <sup>268</sup>).

Die in diesem Verzeichniß angegebenen Höhen der Behangflächen sind oft nicht ganz beansprucht, so z. B. in Cassel, wo die Wände, anstatt nach 6 der Tabelle bis 5,85 m, nur bis 4,89 m mit Bildern bedeckt sind. In der Londoner National-Galerie hängen die Gemälde meist in einfacher Reihe, selten zweifach über einander.

208.  
Freies  
Himmelslicht.

Auch unter den günstigsten Umständen ist es begreiflicher Weise nicht möglich, das Tageslicht unmittelbar aus dem Aetherraum den Gemälderäumen zu-

<sup>268</sup>) Vergl. auch: VISSER, E. Ueber die Beleuchtung von Gemäldesälen durch Oberlicht und Konstruktion derselben. HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1892, S. 92.



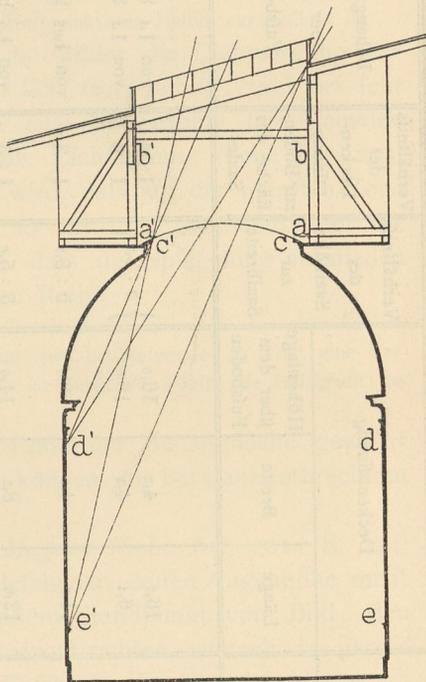
zuführen, ohne auf Hemmnisse zu stoßen. Schon das Sprossenwerk der Verglasung, so wie stärkere Constructionstheile des Dachstuhl und der Fenster hindern den freien Zutritt des Lichtes. Die Helligkeit desselben, welche ohnehin durch doppelte, zum Theile mattirte Verglasung abgeschwächt zu sein pflegt, wird durch Staub, Rufs, Feuchtigkeit u. s. w. noch mehr vermindert. Nach den von *Mohrmann* und *Herzberg*<sup>269)</sup> angestellten Versuchen wird im Ganzen etwa die Hälfte (für Dach- und Deckenfensterverglasung 40 Procent, für eiserne Sprossen beider 10 Procent, zusammen 50 Procent) zu rechnen sein. Bei dieser beträchtlichen Einbuße an Licht ist es um so nöthiger, Dach- und Deckenwerk, so wie deren Fenster in solcher Weise zu construiren, daß wenigstens die durch sie wirklich einfallenden Lichtstrahlen unmittelbar und ungehemmt zur Wirkung kommen können. Allein gerade hiergegen ist bei vielen Deckenlichtfäden von Gemälde-Sammlungen, darunter bei manchen, die in neuerer Zeit errichtet wurden, gefehlt.

Ein Beispiel solcher Art ist der in Fig. 298 im Querschnitt dargestellte Saal der Kunsthalle zu Hamburg<sup>270)</sup>. Die eingezeichneten Lichtstrahlenbündel am oberen und unteren Ende der Behangfläche verdeutlichen, wie wenig wirklich gutes Licht auf dieselbe treffen kann.

Die fehlerhafte Einrichtung besteht gewöhnlich darin, daß das Dachfenster, wie in Fig. 298, ziemlich hoch über dem Saale angebracht ist und, im Grundriß gemessen, nur ungefähr die Größe des Deckenfensters hat. Dabei sind beide Oeffnungen nicht selten durch einen Schacht mit weiß angestrichenen Wänden mit einander verbunden, als ob es darauf ankäme, den Saalfußboden anstatt der Behangflächen zu beleuchten. Es entsteht in Sälen dieser Art der doppelte Nachtheil, daß bei Sonnenschein die dem Licht abgekehrte Wand *ab* des Schachtes auf das matte Glas des Deckenfensters *cc'* einen tiefen Schatten wirft, während die von der Sonne beschienene Wand *a'b'* ein blendendes Licht auf die gegenüber befindliche Bilderwand *de* zurückstrahlt. Das hiervon betroffene Bild steht zwar in Folge dessen mitunter in höchst wirkungsvoller, magischer Beleuchtung, allein auf Kosten der Erscheinung der Bilder an der verhältnißmäßig dunkeln Wand *d'e'*, welche, nachdem man sich umgewendet hat und durch das grelle Reflexlicht fast geblendet ist, für den Augenblick kaum wahrnehmbar sind.

Auf Grund dieser und ähnlicher Beobachtungen der Mängel einer Anzahl ausgeführter Deckenlicht-Gemäldefäden<sup>271)</sup> ist man zu der Folgerung gelangt, die Ein-

Fig. 298.



Querschnitt eines Gemälde-  
raumes  
der Kunsthalle zu Hamburg<sup>270)</sup>.

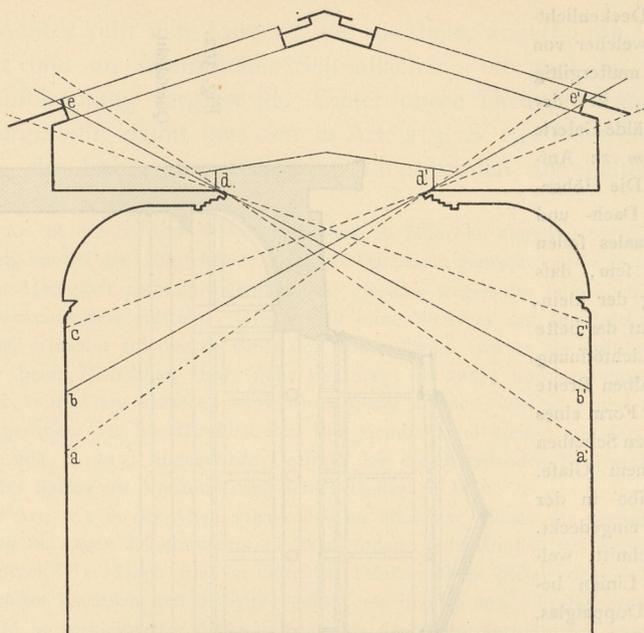
$\frac{1}{150}$  n. Gr.

<sup>269)</sup> Siehe hierüber Theil III, Band 3, Heft 1 (Abth. IV, Abfchn. 1, A, Kap. 1) und Band 4, 2. Aufl. (Abth. IV, Abfchn. 4, A, Kap. 1) dieses »Handbuchs«.

<sup>270)</sup> Nach: Zeitschr. f. Bauw. 1868, Bl. 5.

<sup>271)</sup> Siehe: Zeitschr. f. Bauw. 1879, S. 15–24.

Fig. 299.

 $\frac{1}{150}$  n. Gr.

Querchnitt  
eines Saales  
der Gemälde-  
Galerie  
zu Cassel.

richtung dieser Räume in solcher Weise zu treffen, dafs die Behangfläche in ihrer ganzen Ausdehnung vom Himmelslicht erhellt werde.

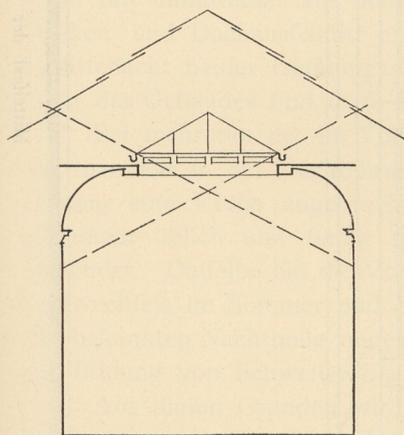
Um dieser Forderung voll zu genügen, will *Tiede* das Dachfenster so grofs bemessen haben, dafs nach Fig. 299 die durch die Oberkanten  $c, c'$  der Bilderfläche und durch die gegenüber liegenden Aufsenkanten  $d', d$  des Deckenfensters gelegten Ebenen den Auschnitt des Dachwerkes, fomit auch die Grenzen  $ee'$  des Dachlichtes bezeichnen <sup>272)</sup>. *Dehn-Rothfelser* beschränkt den Auschnitt nach den Linien  $bd', b'd$  <sup>273)</sup> und *Magnus* nach den Linien  $ad', a'd$ , die er von den Mitten  $a, a'$  der Behangflächen <sup>274)</sup> ausgehen läßt.

Dachauschnitt und Dachverglafung werden, bei Einhaltung der genannten Forderung, um fo kleiner, je niedriger der Dachraum ist, d. h. je mehr Decken- und Dachöffnung einander genähert werden. Dies ist auf verschiedene Weise zu erreichen versucht worden.

Oft wird die Anordnung ähnlich, wie in Fig. 299 u. 300 getroffen. Hierbei ist das Anbringen doppelter Verglafung, d. h. besonderer Fenster für Decken- und Dachöffnung, unentbehrlich.

Als Beispiel ist der grofse mittlere Deckenlichtsaal der mehr erwähnten, in den siebenziger Jahren erbauten Gemälde-Galerie zu Cassel genommen, bei der diese Art der Anordnung in sehr zweckmäfsiger Weise durchgeführt wurde.

Fig. 300.



Querchnitt der Gemälde-Galerie des  
Confuls Notebohm zu Antwerpen.

<sup>272)</sup> Siehe: Deutsches Bauhandbuch. Band II, Theil 2. Berlin 1884. S. 550.

<sup>273)</sup> Siehe: Zeitfchr. f. Bauw. 1879, S. 15.

<sup>274)</sup> Siehe: Zeitfchr. f. Bauw. 1864, S. 217.